

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-028934

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl. G02B 26/06
G02F 1/01
H04B 3/14
H04B 10/02
H04B 10/18

(21)Application number : 10-195796

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 10.07.1998

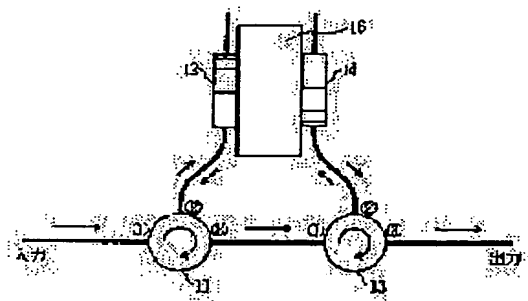
(72)Inventor : KOMUKAI TETSUO
IMAI TAKEYUKI
NAKAZAWA MASATAKA

(54) DISPERSION VARIABLE OPTICAL EQUALIZER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a dispersion quantity to be variable in a wide wavelength region equal to or higher than 1 nm by providing a tuning means changing the wavelength dispersion of a light transmitting a transmission type filter while shifting reflection wavelength regions of respective chirp fiber gratings equally in the same direction.

SOLUTION: The longer wavelength side (shorter wavelength side) of a first (second) chirp grating 12 (14) is connected to the second port of a first (second) three ports type optical circulator 11 (13). Then, one transmission type filter is constituted by cascadingly connecting a second transmission type filter making the first and third ports the input and the output ports in random order. Next, the first and second chirp fiber gratings 12, 14 are adhered and fixed to a piezoelectric element 16. Then, the wavelength dispersion of the light transmitting the filter is made to be changed while shifting the reflection wavelength regions of respective first and second chirp fiber gratings 12, 14 equally in the same direction by applying a voltage to the element 16.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3442289

[Date of registration] 20.06.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G02B 26/06		G02B 26/06	2H041
G02F 1/01		G02F 1/01	C 5K002
H04B 3/14		H04B 3/14	5K046
10/02		9/00	M
10/18			

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全7頁)

(21) 出願番号 特願平10-195796

(22) 出願日 平成10年7月10日(1998.7.10)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 小向 哲郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 今井 健之

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

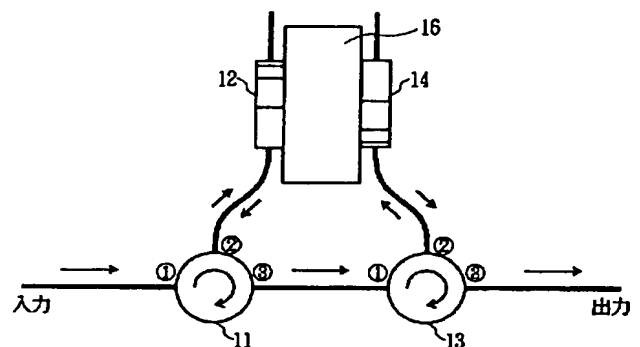
(54) 【発明の名称】 分散可変光等化器

(57) 【要約】

【課題】 1 nm以上の広い波長域で分散量を可変させることができ、さらに挿入損失が比較的小さな分散可変光等化器を実現する。

【解決手段】 反射波長の長波長側から光を入射する第1のチャープファイバグレーティングと、短波長側から光を入射する第2のチャープファイバグレーティングとを、カスケード接続された3ポート型光サーキュレータの各第2ポートに順不同に接続して透過型フィルタを構成し、各チャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向に等しく移動させ、透過型フィルタを透過する光の波長分散を変化させるチューニング手段を備える。第1のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ は、 $\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda (z/L)^{1/2}$ で表され、第2のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ は、 $\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \{1 - (1 - z/L)^{1/2}\}$ で表される。

3ポート型光サーキュレータを用いた透過型フィルタに
 チューニング手段を組み合わせた構成例



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 長さ L のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、反射波長の最短波長を λ_s 、最長波長を λ_L 、 $\Delta\lambda = \lambda_L - \lambda_s$ 、最短波長部分を原点として長手方向にとった座標軸の座標を z としたときに、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda (z/L)^{1/2}$$

で表される第 1 のチャープファイバグレーティングの長波長側を第 1 の 3 ポート型光サーキュレータの第 2 ポートに接続し、その第 1 ポートおよび第 3 ポートを入出力

ポートとする第 1 の透過型フィルタと、長さ L のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \{1 - (1 - z/L)^{1/2}\}$$

で表される第 2 のチャープファイバグレーティングの短波長側を第 2 の 3 ポート型光サーキュレータの第 2 ポートに接続し、その第 1 ポートおよび第 3 ポートを入出力

ポートとする第 2 の透過型フィルタとを順不同でカスケードに接続して 1 つの透過型フィルタを構成し、前記各チャープファイバグレーティングの反射波長域を

同一方向に等しく移動させ、前記 1 つの透過型フィルタを透過する光の波長分散を変化させるチューニング手段を備えたことを特徴とする分散可変光等化器。

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda (z/L)^{1/2}$$

で表される第 1 のチャープファイバグレーティングの長波長側を 4 ポート型光サーキュレータの第 2 ポートに接続し、

長さ L のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \{1 - (1 - z/L)^{1/2}\}$$

で表される第 2 のチャープファイバグレーティングの短波長側を前記 4 ポート型光サーキュレータの第 3 ポートに接続し、その第 1 ポートおよび第 4 ポートを入出力

ポートとする透過型フィルタを構成し、前記各チャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向に等しく移動させ、前記透過型フィルタを透過する光の波長分散を変化させるチューニング手段を備えたことを特徴とする分散可変光等化器。

【請求項 3】 長さ L のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、反射波長の最短波長を λ_s 、最長波長を λ_L 、 $\Delta\lambda = \lambda_L - \lambda_s$ 、最短波長部分を原点として長手方向にとった座標軸の座標を z としたときに、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \{1 - (1 - z/L)^{1/2}\}$$

で表される第 2 のチャープファイバグレーティングの短

波長側を 4 ポート型光サーキュレータの第 2 ポートに接続し、

長さ L のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda (z/L)^{1/2}$$

で表される第 1 のチャープファイバグレーティングの長波長側を前記 4 ポート型光サーキュレータの第 3 ポートに接続し、その第 1 ポートおよび第 4 ポートを入出力

ポートとする透過型フィルタを構成し、前記各チャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向に等しく移動させ、前記透過型フィルタを透過する光の波長分散を変化させるチューニング手段を備えたことを特徴とする分散可変光等化器。

【請求項 4】 チューニング手段は、2 つのチャープファイバグレーティングをピエゾ素子に固定し、このピエゾ素子に印加する電圧を制御する構成であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の分散可変光等化器。

【請求項 5】 チューニング手段は、2 つのチャープファイバグレーティングをヒータに固定し、このヒータに電流を流して発熱量を制御する構成であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の分散可変光等化器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバを伝搬してきた光信号の歪みを補正する光等化器に関する。特に、分散量を可変させることができる分散可変光等化器に関する。

【0002】

【従来の技術】通常の光ファイバ伝送システムでは、波長分散の影響を避けるために、零分散波長付近の波長の光が用いられている。一般に、零分散波長からの信号光波長のずれは総分散量の増大を伴うが、比較的近距离の伝送の場合や伝送速度が遅い場合はほとんど問題にならない。しかし、長距離伝送や高速伝送の場合は、総分散量の増加は伝送特性を劣化させる要因となる。そのため、信号光波長をできるだけ零分散波長に近づけて総分散量を減少させる必要があるが、その一方で非線形光学効果（例えば四光波混合）の影響もあり、信号光波長と零分散波長を一致させればよいというものでもない。すなわち、総分散量には最適値が存在し、システムを立ち上げる際には信号光波長を総分散量が最適となる値に設定する必要がある。

【0003】ところで、布設済みの光ケーブルに新たに光ケーブルを追加するときには、総分散量が変化するために信号光波長を再調整する必要がある場合がある。また、光ファイバ内の光パワーを変化させた場合にも最適な総分散量が変化するために、同様に信号光波長を調整する必要がある。

【0004】しかし、すでに立ち上げた光ファイバ伝送システムにおいて、信号光波長を変化させると光伝送路に多数挿入されている光フィルタの透過波長も変化させなければならない、大変煩雑な作業を伴うことになる。そこで、分散補償ファイバを光伝送路に挿入し、信号光波長に対して最適な総分散量を得る方法が考えられている。ただし、その場合でも、光伝送路の波長分散を精密に測定する必要がある。

【0005】また、光伝送路の温度が周期的に変動する場合には総分散量も周期的に変動することになるが、そのような場合には分散補償ファイバでは対応が困難である。その場合には、分散量を可変できる分散可変光等化器を用い、変動する光伝送路の総分散量を最適化する方法が考えられている。この分散可変光等化器としては、平面型導波路 (PLC) を用いた分散等化器 (群遅延等化器) が提案されている (参考文献: K. Takiguchi et al., "Variable group-delay dispersion equalizer using lattice-form programmable optical filter on planar lightwave circuit", IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 2, no. 2, pp. 270-276, 1996)。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、平面型導波路を用いた分散可変光等化器は、動作帯域が十数 GHz と狭く、さらに挿入損失が十数 dB と大きい点が問題であった。

【0007】本発明は、1 nm 以上の広い波長域で分散量を可変させることができ、さらに挿入損失が比較的小さい分散可変光等化器を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の分散可変光等化器は、反射波長の長波長側から光を入射する第1のチャープファイバグレーティングと、短波長側から光を入射する第2のチャープファイバグレーティングとを、カスケード接続された3ポート型光サーキュレータの各第2ポートに順不同に接続するか、4ポート型光サーキュレータの第2ポートおよび第3ポートに順不同に接続して透過型フィルタを構成し、各チャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向に等しく移動させ、透過型フィルタを透過する光の波長分散を変化させるチューニング手段を備えた構成である。

【0009】第1のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ は、長さを L 、反射波長の最短波長を λ_s 、最長波長を λ_l 、 $\Delta\lambda = \lambda_l - \lambda_s$ 、最短波長部分を原点として長手方向にとった座標軸

$$\Delta\lambda = \lambda_l - \lambda_s,$$

$$\tau_0 = 2nL/c$$

であり、 n はコアの有効屈折率、 c は光速である。図3は、式(3)を波長に関して微分して得られる波長分散特性を示す。

の座標を z としたときに、

【0010】

【数1】

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \sqrt{\frac{z}{L}} \quad \dots(1)$$

【0011】で表される。第2のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ は、同様に、

【0012】

【数2】

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \left[1 - \sqrt{1 - \frac{z}{L}} \right] \quad \dots(2)$$

【0013】で表される。チューニング手段は、2つのチャープファイバグレーティングをピエゾ素子に固定し、このピエゾ素子に印加する電圧を制御する構成、または2つのチャープファイバグレーティングをヒータに固定し、このヒータに電流を流して発熱量を制御する構成等を用いることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】ファイバグレーティングは、光ファイバのコアに紫外線を照射し、周期的な屈折率変化を誘起してブラッグ回折格子を形成し、その周期 (ピッチ) に対応する波長の光を反射させる反射型フィルタである。通常のファイバグレーティングはこのピッチが一定であるが、本発明の分散可変光等化器で用いるチャープファイバグレーティングは、光ファイバの長さ方向にピッチを変化させたものである。このチャープファイバグレーティングは、波長によって反射する領域が変化するので、波長ごとに異なる遅延時間を与えることができ、分散補償媒質として機能する。

【0015】図1は、式(1)で表されるチャープファイバグレーティングのモデルを示す。長さ L 、反射波長の最短波長 λ_s 、最長波長 λ_l 、最短波長部分を原点として長手方向にとった座標軸の座標を z としたときの反射波長の分布 $\lambda(z)$ は式(1)で表される。グレーティングのピッチは段階的に変化していくが、ここでは短波長側が細かく、長波長側が粗い状態を模式的に表している。

【0016】このようなチャープファイバグレーティングの長波長側から波長 λ の光を入射すると、図2に示すような群遅延特性が得られる。この場合の群遅延量は、

【0017】

【数3】

$$\text{Delay}A(\lambda) = - \frac{\tau_0}{\Delta\lambda^2} (\lambda - \lambda_s)^2 + \tau_0 \quad \dots(3)$$

【0018】と表される。ただし、

$$\dots(4)$$

$$\dots(5)$$

【0019】図4は、式(2)で表されるチャープファイバグレーティングのモデルを示す。ただし、表記法は図1に示す第1のチャープファイバグレーティングと同様

である。

【0020】このようなチャープファイバグレーティングの短波長側から波長 λ の光を入射すると、図5に示すような群遅延特性が得られる。この場合の群遅延量は、

【0021】

【数4】

$$\text{Delay B}(\lambda) = -\frac{\tau_0}{\Delta\lambda^2} (\lambda - \lambda_0)^2 + \tau_0 \quad \dots(6)$$

【0022】と表される。図6は、式(6)を波長に関して微分して得られる波長分散特性を示す。次に、この2つのチャープファイバグレーティングの群遅延特性を足し合わせると、図7に示すような上に凸の2次曲線が得られる。この場合の群遅延量は、

【0023】

【数5】

Delay {A(λ)+B(λ)}

$$= -\frac{2\tau_0}{\Delta\lambda^2} \left[\lambda - \frac{\lambda_0 + \lambda_1}{2} \right]^2 + \frac{3}{2} \tau_0 \quad \dots(7)$$

【0024】と表される。また、式(7)を波長に関して微分して得られる波長分散関数は、

【0025】

【数6】

Dispersion {A(λ)+B(λ)}

$$= -\frac{4\tau_0}{\Delta\lambda^2} \left[\lambda - \frac{\lambda_0 + \lambda_1}{2} \right] \quad \dots(8)$$

【0026】と表され、この波長分散特性は図8のようになる。ここに示す波長分散特性は、波長が長くなるにつれて波長分散が正から負へと線形に変化しており、図9に示すような通常の光ファイバの波長分散特性と逆になっている。なお、図9において、 λ_0 は零分散波長である。

【0027】図8に示す波長分散の最大値は $2\tau_0/\Delta\lambda$ であり、最小値は $-2\tau_0/\Delta\lambda$ である。このような特性を実際に得るためには、式(1)および式(2)で表されるチャープファイバグレーティングを図10または図11のように光サーキュレータを介して結合させればよい。

【0028】図10に示す構成について説明する。第1の3ポート型光サーキュレータ11の第2ポートに、式(1)で表される第1のチャープファイバグレーティング12の長波長側を接続する。さらに、第2の3ポート型光サーキュレータ13の第2ポートに、式(2)で表される第2のチャープファイバグレーティング14の短波長側を接続する。そして、第1の3ポート型光サーキュレータ11の第3ポートと、第2の3ポート型光サーキュレータ13の第1ポートを接続し、光ファイバを伝搬してきた光を第1の3ポート型光サーキュレータ11の第1ポートに入射することにより、第2の3ポート型光サ

ーキュレータ13の第3ポートから分散補償された光を取り出すことができる。

【0029】また、第1のチャープファイバグレーティング12が接続される第1の3ポート型光サーキュレータ11と、第2のチャープファイバグレーティング14が接続される第2の3ポート型光サーキュレータ13の接続順序を入れ替えてもよい。あるいは、第1の3ポート型光サーキュレータ11の第2ポートに第2のチャープファイバグレーティング14の短波長側を接続し、第2の3ポート型光サーキュレータ13の第2ポートに第1のチャープファイバグレーティング12の長波長側を接続するとしても同じことである。

【0030】図11に示す構成について説明する。4ポート型光サーキュレータ15の第2ポートに、式(1)で表される第1のチャープファイバグレーティング12の長波長側を接続し、第3ポートに、式(2)で表される第2のチャープファイバグレーティング14の短波長側を接続する。そして、4ポート型光サーキュレータ15の第1ポートに光ファイバを伝搬してきた光を入射することにより、第4ポートから分散補償された光を取り出すことができる。

【0031】また、第1のチャープファイバグレーティング11の長波長側を4ポート型光サーキュレータ15の第3ポートに接続し、第2のチャープファイバグレーティング12の短波長側を4ポート型光サーキュレータ15の第2ポートに接続してもよい。

【0032】図10および図11に示すような構成は透過型フィルタとして動作するが、その波長分散特性は図8に示すものとなる。この透過型フィルタの透過帯域は、2つのチャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向に等しく移動させ、透過する光の波長分散を変化させるチューニング手段を用いることにより、線形にチューニング可能である。このときの波長分散特性は、図12または図13に示すように平行移動する。

【0033】図12において、破線は初期特性であり、実線は初期特性を短波長側に $\Delta\lambda/2$ だけチューニングしたときの特性を示す。図13において、破線は初期特性であり、実線は初期特性を長波長側に $\Delta\lambda/2$ だけチューニングしたときの特性を示す。ある波長 λ_{sig} に注目すると、 λ_{sig} の波長分散は初期状態では0であるが、図12のチューニングによって波長分散は $-2\tau_0/\Delta\lambda$ だけ変化する。また、図13のチューニングによって波長分散は $2\tau_0/\Delta\lambda$ だけ変化する。

【0034】このように、本透過型フィルタの透過帯域をチューニングすることにより、ある波長 λ_{sig} での波長分散を $-2\tau_0/\Delta\lambda$ から $2\tau_0/\Delta\lambda$ まで変化させることができる。したがって、ある光伝送路に対して要求される波長 λ_{sig} に対する分散補償量が $-2\tau_0/\Delta\lambda$ から $2\tau_0/\Delta\lambda$ までの間にあれば、本分散可変光等化器のチャープファイバグレーティングの透過帯域をチ

ューニングすることにより、その補償量を実現することができる。

【0035】例えば、チャープファイバグレーティングの反射波長の帯域 $\Delta\lambda$ を10nm、長さ L を100mm、有効コア屈折率 n を1.46とすると、 $-2\tau_0/\Delta\lambda = -195\text{ps/nm}$ 、 $2\tau_0/\Delta\lambda = 195\text{ps/nm}$ となり、波長分散を約 -200ps/nm から約 200ps/nm まで変化させることができる。通常の布設されている分散シフトファイバの分散揺らぎは、波長1550nmにおいて $\pm 2\text{ps/nm/km}$ 以内なので、本発明の分散可変光等化器は約100kmの長さの分散シフトファイバまで対応することができる。

【0036】

【実施例】（第1の実施例）図14は、チューニング手段の第1の実施例を示す。図10および図11に示す第1のチャープファイバグレーティング12および第2のチャープファイバグレーティング14をピエゾ素子16にエポキシ系の接着剤などを用いて接着固定する。このピエゾ素子16に電圧を印加することにより、各チャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向に等しく移動させ、図12または図13に示すように透過する光の波長分散を変化させることができる。

【0037】ここで、図10に示す3ポート型光サーキュレータを用いた透過型フィルタにチューニング手段（ピエゾ素子16）を組み合わせた構成例を図15に示す。また、図11に示す4ポート型光サーキュレータ15を用いた透過型フィルタにも同様に適用することができる。

【0038】（第2の実施例）図16は、チューニング手段の第2の実施例を示す。図10および図11に示す第1のチャープファイバグレーティング12および第2のチャープファイバグレーティング14を、台座17にのせたヒータ18上に固定する。このヒータ18に流す電流を調整して発熱量を制御することにより、各チャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向に等しく移動させ、図12または図13に示すように透過する光の波長分散を変化させることができる。

【0039】（第3の実施例）式(1)または式(2)で表される1つのチャープファイバグレーティングを3ポート型光サーキュレータの第2ポートに接続して透過型フィルタを構成し、そのチャープファイバグレーティングを上記のピエゾ素子16またはヒータ18に固定させるようにしてもよい。

【0040】ただし、式(1)で表されるチャープファイバグレーティング12を用いた場合には、図3に示すように、波長分散を0から $-2\tau_0/\Delta\lambda$ まで変化させることができる。また、式(2)で表されるチャープファイバグレーティング14を用いた場合には、図6に示すように、波長分散を $2\tau_0/\Delta\lambda$ から0まで変化させるこ

とができる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の分散可変光等化器は、透過する光の波長分散を負から正まである範囲で電氣的に制御することができる。これにより、高速伝送時や長距離伝送時に問題となる光伝送路の過剰な波長分散を比較的短時間に補償することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】式(1)で表されるチャープファイバグレーティングのモデルを示す図。

【図2】式(1)で表されるチャープファイバグレーティングに長波長側から光を入射する場合の群遅延特性を示す図。

【図3】式(1)で表されるチャープファイバグレーティングに長波長側から光を入射する場合の波長分散特性を示す図。

【図4】式(2)で表されるチャープファイバグレーティングのモデルを示す図。

【図5】式(2)で表されるチャープファイバグレーティングに短波長側から光を入射する場合の群遅延特性を示す図。

【図6】式(2)で表されるチャープファイバグレーティングに短波長側から光を入射する場合の波長分散特性を示す図。

【図7】図2と図5の群遅延特性の和を示す図。

【図8】図3と図6の波長分散特性の和を示す図。

【図9】通常の光ファイバの波長分散特性を示す図。

【図10】3ポート型光サーキュレータを用いた場合の透過型フィルタの構成例を示す図。

【図11】4ポート型光サーキュレータを用いた場合の透過型フィルタの構成例を示す図。

【図12】透過型フィルタの透過帯域を短波長側に $\Delta\lambda/2$ だけチューニングしたときの波長分散特性の変化を示す図。

【図13】透過型フィルタの透過帯域を長波長側に $\Delta\lambda/2$ だけチューニングしたときの波長分散特性の変化を示す図。

【図14】チューニング手段の第1の実施例を示す図。

【図15】3ポート型光サーキュレータを用いた透過型フィルタにチューニング手段を組み合わせた構成例を示す図。

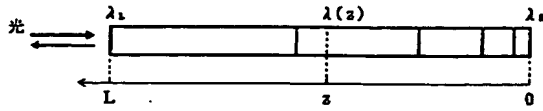
【図16】チューニング手段の第2の実施例を示す図。

【符号の説明】

- 11, 13 3ポート型光サーキュレータ
- 12, 14 チャープファイバグレーティング
- 15 4ポート型光サーキュレータ
- 16 ピエゾ素子
- 17 台座
- 18 ヒータ

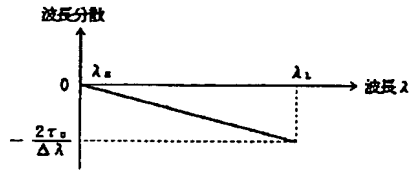
【図 1】

式(1)で表されるチャープファイバグレーティングのモデル



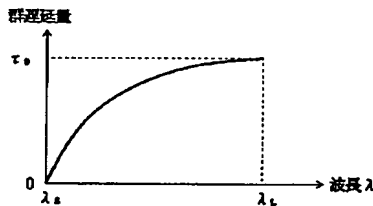
【図 3】

式(1)で表されるチャープファイバグレーティングに長波長側から光を入射する場合の波長分散特性



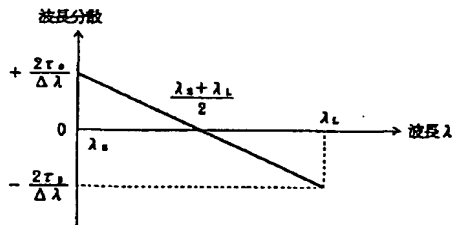
【図 5】

式(2)で表されるチャープファイバグレーティングに長波長側から光を入射する場合の群遅延特性



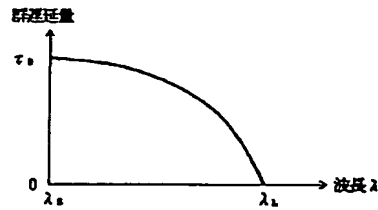
【図 8】

図 3 と図 6 の波長分散特性の和



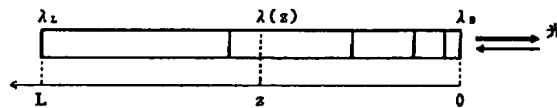
【図 2】

式(1)で表されるチャープファイバグレーティングに長波長側から光を入射する場合の群遅延特性



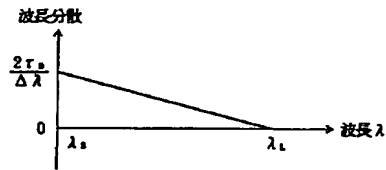
【図 4】

式(2)で表されるチャープファイバグレーティングのモデル



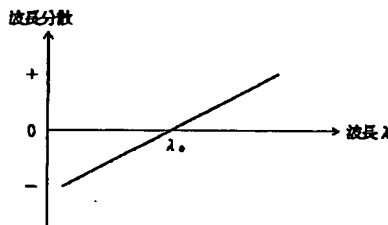
【図 6】

式(2)で表されるチャープファイバグレーティングに長波長側から光を入射する場合の波長分散特性



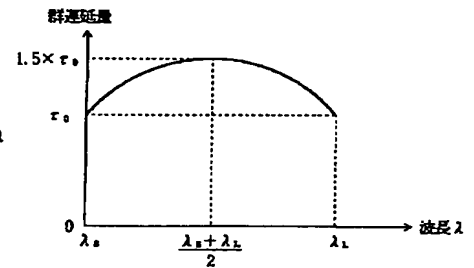
【図 9】

通常の光ファイバの波長分散特性



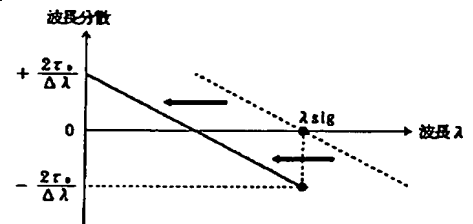
【図 7】

図 2 と図 5 の群遅延特性の和



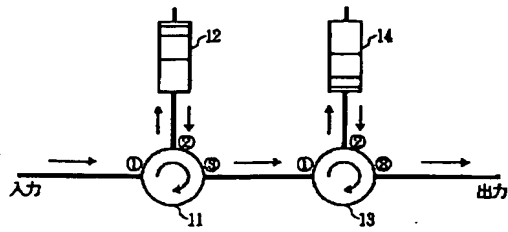
【図 12】

透過型フィルタの透過帯域を短波長側に Δλ/2 だけチューニングしたときの波長分散特性

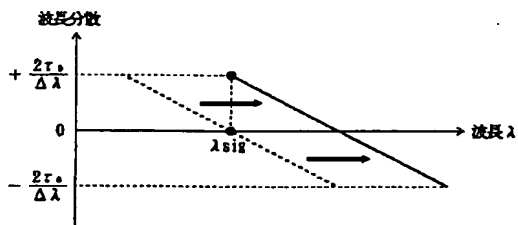


【図 10】

3ポート型光サーキュレータを用いた場合の透過型フィルタの構成例

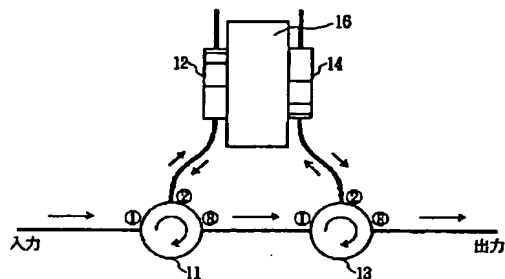


【図 13】

透過型フィルタの透過帯域を長波長側に $\Delta\lambda/2$ だけチューニングしたときの波長分散特性

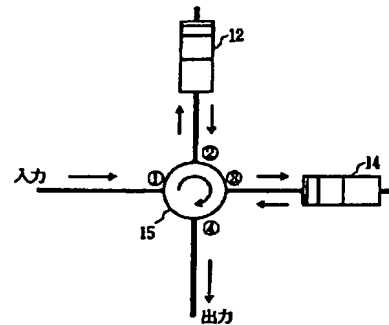
【図 15】

3ポート型光サーキュレータを用いた透過型フィルタにチューニング手段を組み合わせた構成例



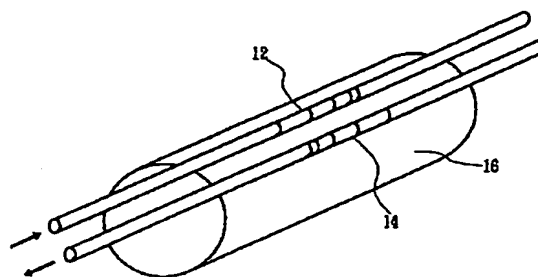
【図 11】

4ポート型光サーキュレータを用いた場合の透過型フィルタの構成例



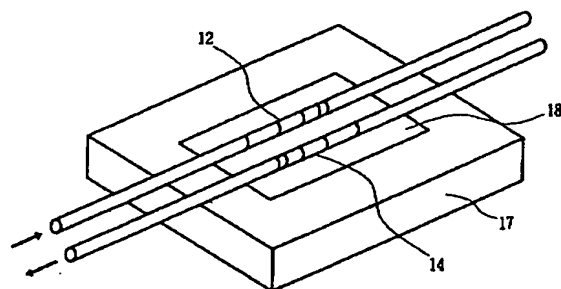
【図 14】

チューニング手段の第1の実施例



【図 16】

チューニング手段の第2の実施例



フロントページの続き

(72)発明者 中沢 正隆
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H041 AA00 AB12 AB18 AC07 AC08
5K002 BA02 BA21 CA01 FA01
5K046 AA08 CC01 CC02 CC03 CC06
CC21 EE05